

\~15~

PAT-NO: JP407006037A

DOCUMENT-IDENTIFIER: **JP 07006037 A**

TITLE: INSTRUCTION DECODING DEVICE

PUBN-DATE: January 10, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HIRATA, HIROAKI

KIMURA, KOZO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

N/A

APPL-NO: JP05144606

APPL-DATE: June 16, 1993

INT-CL (IPC): G06F009/46, G06F009/46

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide the instruction decoding device which shortens the **interruption response time** of a multiple thread processor without impeding the execution of threads that do not relate to an interruption.

CONSTITUTION: This device is equipped with an issued instruction output part 15 which can hold the decoding result of an instruction and invalidates the held instruction when an interruption is initiated, and an instruction series management part 14 having a program counter (PC) 16 which stores the address of an instruction being decoded, an IPC 17 which stores the address of an instruction held at the issued instruction output part 15, and an SPC 18 for saving which selects and inputs the contents of one of PCs according to the instruction holding state of the issued instruction output part 15 when the interruption is initiated.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-6037

(43) 公開日 平成7年(1995)1月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 6 F 9/46

識別記号

3 1 0 Q 8120-5B

3 1 3 E 8120-5B

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平5-144606

(22) 出願日 平成5年(1993)6月16日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 平田 博章

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

(72) 発明者 木村 浩三

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

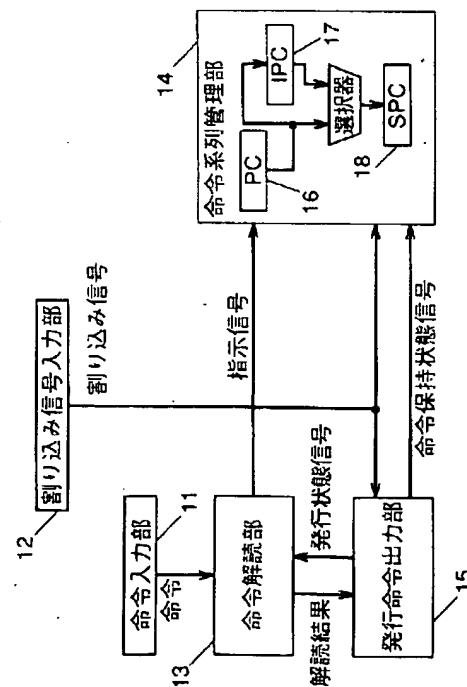
(74) 代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 命令解釈装置

(57) 【要約】

【目的】 多重スレッド・プロセッサにおいて、割り込みに関係しないスレッドの実行を妨げることなく割り込み応答時間を短縮する命令解釈装置を提供する。

【構成】 命令の解釈結果を保持することができ、割り込みが発生した場合にはその保持している命令を無効化する発行命令出力部15と、解釈中の命令のアドレスを記憶するプログラム・カウンタ(PC)16と、発行命令出力部15に保持されている命令のアドレスを記憶するIPC17と、割り込み発生時に発行命令出力部15の命令保持状況に応じてこれらのいずれかのPCの内容を選択して入力する退避用のSPC18とを有する命令系列管理部14とを備えた構成である。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】命令入力部と、割り込み信号入力部と、発行命令出力部と、命令系列管理部と、前記命令入力部から入力した命令を解読して前記発行命令出力部から入力した発行状態信号に基づいて解読結果を前記発行命令出力部に出力するとともに前記命令系列管理部に指示信号を出力する命令解読部とを具備し、前記発行命令出力部は、前記命令解読部から入力した解読結果を保持している状態で前記割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を無効化し、また、前記命令系列管理部は、第1、第2および第3の少なくとも3つのプログラム・カウンタを有し、前記命令解読部から入力した指示信号に基づいて前記第1のプログラム・カウンタの内容を前記第2のプログラム・カウンタに移し、また、前記割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には前記発行命令出力部から入力した命令保持状態信号に基づいて前記第1のプログラム・カウンタあるいは前記第2のプログラム・カウンタのいずれかの内容を選択して前記第3のプログラム・カウンタに複写することを特徴とする命令解読装置。

【請求項2】命令入力部と、割り込み信号入力部と、依存解消信号入力部と、発行命令出力部と、請求項1記載の命令系列管理部と、命令間の依存情報を記憶する手段と依存情報の追加および削除を行なう手段とを有する依存情報管理部と、前記命令入力部から入力した命令を解読して前記発行命令出力部および前記依存情報管理部からそれぞれ入力した発行状態信号および依存情報に基づいて解読結果を前記発行命令出力部に出力するとともに前記命令系列管理部および前記依存情報管理部にそれぞれ指示信号および依存情報追加信号を出力する命令解読部と、前記依存解消信号入力部から入力した第1の依存解消信号と前記発行命令出力部から入力した第2の依存解消信号のいずれかを選択して前記依存情報管理部に出力する依存解消信号選択部とを具備し、前記発行命令出力部は、前記命令解読部から入力した解読結果を保持している状態で前記割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を基に前記第2の依存解消信号を生成し、前記依存解消信号選択部に選択されるまで前記第2の依存解消信号を前記依存解消信号選択部に出力し、保持している前記解読結果を無効化することを特徴とする命令解読装置。

【請求項3】割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合、依存情報管理部に記憶されている依存情報を参照して、命令間の依存関係が全く存在していなければ割り込み応答信号を出力する割り込み応答部を具備することを特徴とする請求項2記載の命令解読装置。

【請求項4】命令入力部と、割り込み信号入力部と、発行命令出力部と、請求項1記載の命令系列管理部と、命令間の依存情報を記憶する手段と依存情報の追加および削除を行なう手段とを有する依存情報管理部と、依存解

2

消信号を入力して前記依存情報管理部に出力する依存解消信号入力部と、前記命令入力部から入力した命令を解読して前記発行命令出力部から入力した発行状態信号と最新依存情報および前記依存情報管理部から入力した依存情報に基づいて解読結果を前記発行命令出力部に出力するとともに前記命令系列管理部に指示信号を出力する命令解読部と、を具備し、前記発行命令出力部は、前記命令解読部から入力した解読結果を外部に出力する時点で前記解読結果を基に依存情報追加信号を生成して前記依存情報管理部に出力し、また、前記命令解読部から入力した解読結果を保持している状態で前記割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を無効化することを特徴とする命令解読装置。

【請求項5】割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合、依存情報管理部に記憶されている依存情報を参照して、命令間の依存関係が全く存在していなければ割り込み応答信号を出力する割り込み応答部を具備することを特徴とする請求項4記載の命令解読装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は演算装置を共有して複数の独立な命令流の命令を並列実行するプロセッサ内にあって、割り込み処理を効率良く行なう命令解読装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、マイクロプロセッサなどの情報処理装置では、割り込みに対する処理機構は最も重要かつ複雑な構成要素となっており、割り込み応答時間を短縮しながら、その一方では、割り込みによって実行を中断されたプログラムを正しく実行再開できることを保証するために、マイクロプロセッサなどの情報処理装置内にあって割り込み処理の重要な部分を分担する命令解読装置には、様々な工夫が施されている。

【0003】割り込み処理はプロセッサ全体の制御に関わるものであり、問題（割り込み処理に対する要求事項）は命令解読装置のみに限定されない。以下では、本発明に関連する（1）割り込み発生時のプログラム・カウンタの退避、（2）割り込み処理発生時点で実行中（実行未終了）の命令の処理、の2点について、従来の割り込み処理機構の例について説明する。なお、ここで用いる「割り込み」には、外部割り込みのみならず、例外や割り出し（内部割り込み）も含まれるものとする。

【0004】（1）プログラム・カウンタの退避  
通常のRISCプロセッサでは、その分岐命令実行方式に遅延分岐方式を採用していることから、少なくとも2つのプログラム・カウンタを用いて命令実行のシーケンス制御を行なっている。ここでは、現時点で命令解読装置内で解読中の命令の命令アドレスを保持するプログラム・カウンタをPC、次のサイクルで解読される予定

(現サイクルでフェッチ中)の命令の命令アドレスを保持するプログラム・カウンタをNPCと呼ぶことにする。また、さらにもう1つのプログラム・カウンタを加え、前サイクルで発行された(現サイクルで実行開始された)命令の命令アドレスを保持するプログラム・カウンタをIPCと呼ぶことにする。

【0005】例えば、米サイプレス社のSPARCプロセッサCY7C601では、IPCおよびPCの2つのプログラム・カウンタを用い、割り込みが発生した場合には、これら2つのプログラム・カウンタの内容を汎用レジスタに退避する機構を備えている(SPARC RISC USER'S GUIDE、サイプレス・セミコンダクタ社)。これによって、分岐命令と遅延命令(分岐命令の遅延スロットに置かれる命令)との間で割り込みを受け付けることが可能である。

【0006】また、米モトローラ社のRISCプロセッサMC88100では、上記PC、NPC、IPCに相当する3つのプログラム・カウンタを用い、割り込みが発生した場合には、これら3つのプログラム・カウンタの内容を退避するための専用レジスタをさらに設けている(MC88100: RISC MICROPROCESSOR USER'S MANUAL、モトローラ社)。PC、NPCの2つの内容が退避されているから分岐命令と遅延命令との間で割り込みが発生しても正しくプログラムを再開できる。IPCを設けるのは、割り込み(例外)が発生させた命令を特定するための助けとして使用するためである。

【0007】また、上記の3つのプログラム・カウンタの他に、命令パイプラインの各実行ステージで処理される命令に対応してさらに多くのプログラム・カウンタを設け(これをPCチェーン方式と呼ぶ)ているものもある。例えば、米インテル社のi860はこのようなPCチェーン方式を採用しているものと思われる。そして、割り込み(例外)要因に対応して、それら複数のプログラム・カウンタのうちの1つを選択して専用レジスタに退避する。

【0008】また、米ミッパス社のRISCプロセッサR4000も同様のPCチェーン方式を採用しているものと思われる。R4000では、分岐命令と遅延命令との間で割り込み(例外)が発生した場合には分岐命令のアドレスを専用レジスタに退避することになっている(MIPS R4000 MICROPROCESSOR USER'S MANUAL、ミッパス・テクノロジ社)が、これは、遅延命令を発行する際に、PCの値をIPCにコピーするのを抑止することで比較的簡単に実現できる。

【0009】いずれにしても、これら従来の技術は割り込み(例外)が発生した命令の特定(一般にはその命令が再開点となる)や遅延分岐方式を採用している点から複数のプログラム・カウンタを持ち、その値の退避機構

に関して種々の工夫を凝らしている。

【0010】しかし、本発明は、割り込み(例外)が発生した命令の特定や遅延分岐方式とは全く独立の背景・目的をもつものであり、また、これら従来例で用いられている技術をそのまま転用しても本発明の目的を満たすことは不可能な内容を有するものである。

【0011】(2) 実行未終了の命令の処理

従来のプロセッサは、基本的に、割り込みが発生すると実行パイプラインをフラッシュし、実行中(実行未終了)の命令をすべて破棄する。遅延分岐方式に起因する問題を除けば、以下の条件を満たすことができれば正確な割り込み処理が可能となる。

【0012】(a) 退避されたプログラム・カウンタに指し示される命令よりも以前に発行された命令の実行はすべて完了している。

【0013】(b) 退避されたプログラム・カウンタに指し示される命令以降の命令で既に実行が完了されたものが存在しない。

【0014】前記のPCチェーン方式は上記(a)、(b)で基準となる命令(のアドレス)を特定するのにも役立つことができる。実行パイプラインをフラッシュするのは最も容易な手段であると考えられるが、プロセッサの性能を向上させるのと引き替えに、プロセッサが上記(a)、(b)の条件を満たすことができない構造となっている場合には、プログラムの再開を可能とするためにより複雑な機構が必要となる。

【0015】例えば、米モトローラ社のMC88100では、浮動小数点例外が発生した場合には、浮動小数点演算器の動作を凍結し、割り込み処理ルーチンで浮動小数点演算器内の状態を調べ、また、PC以前の未終了命令についてはすべてソフトウェア・エミュレーションによって実行することになっている。

【0016】本発明の命令解読装置は、上記のようなプロセッサで使用されることを想定したものではなく、例えば、特開平4-360234号公報に開示されたプロセッサで使用されることを想定している。以下、図面を参照しながら、このプロセッサについて説明する。

【0017】図4は上記開示されたプロセッサの構成を示すものである。図4において、41a、41bは命令解読装置、42a、42bは発行命令レジスタ、43は命令スケジュール装置、44x、44y、44zは実行命令レジスタ、45x、45y、45zは実行命令装置、46は実行終了調停装置である。45x、45y、45zは同一の機能を有する実行命令装置であってもよいが、ここでは、45x、45y、45zはそれぞれ異なった機能を有する実行命令装置であるものとする。

【0018】以上のように構成されたプロセッサについて、以下その動作について説明する。まず、命令解読装置41aは、入力した命令を解読し、解読結果を発行命令レジスタに設定する。命令解読装置41aと命令解読

装置41bとは全く同一構成のものであり、それぞれが個々のプログラム・カウンタ（またはそれに代わる機構）を有して命令シーケンスを制御する。つまり、命令解読装置41aと命令解読装置41bとはそれぞれ異なった命令流を処理する。

【0019】発行命令レジスタ42a、42bはそれぞれ命令解読装置41a、41bから出力された命令を一時的に蓄えておくバッファ装置として動作する。命令スケジュール装置43は、発行命令レジスタ42a、42b内の命令を、それらの命令が実行されるべき実行命令装置に配送する。例えば、発行命令レジスタ42a内の命令が実行命令装置45zで実行されるべきものであり、一方、発行命令レジスタ42b内の命令が実行命令装置45yで実行されるべきものであったとすると、命令スケジュール装置43は発行命令レジスタ42a内の命令を実行命令レジスタ44zに、また、発行命令レジスタ42b内の命令を実行命令レジスタ44yに移す。

【0020】ただし、発行命令レジスタ42b内の命令も実行命令装置45zで実行されるべきものである場合には、いずれか一方の命令のみが実行命令レジスタ44zに移され、他方の命令は発行命令レジスタ内に残されることになる。命令解読装置41a、41bに発行命令レジスタ内の命令の受け付け状態を知らせるため、命令スケジュール装置43は命令解読装置41a、41bにそれぞれ命令受付信号を出力する。命令解読装置41a、41bは、命令スケジュール装置43から出力された命令受付信号を参照することで、次の命令の解読結果をそれぞれ発行命令レジスタ42a、42bに書き込んで良いかどうかを判断する。

【0021】実行命令装置45x、45y、45zは、それぞれ実行命令レジスタ44x、44y、44zに一時的に記憶されている命令の実行を行なう。そして、命令実行時には実行終了信号を実行終了調停装置46に出力する。

【0022】実行終了調停装置46は実行命令装置45x、45y、45zから入力した実行終了信号間の調停を行ない、依存関係解消信号として命令解読装置41a、41bに出力する。命令間に依存関係が存在する場合には、この依存関係解消信号を参照することで、命令解読装置41a、41bは命令間の同期制御を行なう。

【0023】さて、今、命令解読装置41aで処理している命令流に対して割り込みが発生したとする。命令実行装置45x、45y、45z内には命令解読装置41aと命令解読装置41bとから発行された命令が混在している。従って、命令実行装置内の命令をすべてフラッシュしたり、あるいは、命令実行装置の動作を凍結するといった方法を用いた場合には、命令解読装置41bから発行された命令まで実行中断してしまうことになり、プロセッサ全体の処理性能を低下させてしまうという問題があった。

【0024】このような問題に対して、割り込みに関連して実行不能な命令のみを選択的に他の場所に保存し、その他の命令に関しては実行を続行することで解決はかることができる。このような技術は、例えば、特願平3-284382号に記載されている。本発明の趣旨は特願平3-284382号に記載されている発明に対して変更や改良を加えるものではなく、特願平3-284382号に記載されている発明と併用することで完全な割り込み処理を実現するものであるため、特願平3-284382号の発明内容に関する詳細は省略する。

【0025】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記のような従来の構成では、発行命令レジスタ内の命令は必ずしも即座に命令スケジュール装置に受け付けられるとは限らないため、割り込みが発生した場合、発行命令レジスタ内の命令が終了するまで割り込み処理ルーチンの実行の開始を待つと割り込み応答時間が増大するという問題点を有していた。

【0026】また、割り込み処理ルーチンの実行を開始するときには発行したすべての命令が終了していなければならないが、命令解読装置がこれを確認する方法が明らかでなかった。

【0027】本発明は上記問題点を鑑み、命令実行装置を共有して複数の命令流の命令を並列処理するプロセッサにあって割り込みが発生しても他の命令流の実行を阻害することなく、また、割り込み応答時間を短縮する命令解読装置を提供することを目的とする。

【0028】

【課題を解決するための手段】上記目的を達するために本発明の命令解読装置は、命令入力部と、割り込み信号入力部と、発行命令出力部と、命令系列管理部と、前記命令入力部から入力した命令を解読して前記発行命令出力部から入力した発行状態信号に基づいて解読結果を前記発行命令出力部に出力するとともに前記命令系列管理部に指示信号を出力する命令解読部とを具備し、前記発行命令出力部は、前記命令解読部から入力した解読結果を保持している状態で前記割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を無効化し、また、前記命令系列管理部は、第1、第2および第3の少なくとも3つのプログラム・カウンタを有し、前記命令解読部から入力した指示信号に基づいて前記第1のプログラム・カウンタの内容を前記第2のプログラム・カウンタに移し、また、割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には前記発行命令出力部から入力した命令保持状態信号に基づいて前記第1のプログラム・カウンタあるいは前記第2のプログラム・カウンタのいずれかの内容を選択して前記第3のプログラム・カウンタに複写するという構成を備えたものである。

【0029】また、命令間の依存情報を記憶する手段と

依存情報の追加および削除を行なう手段とを有する依存情報管理部と、命令入力部から入力した命令を解読して発行命令出力部および前記依存情報管理部からそれぞれ入力した発行状態信号および依存情報に基づいて解読結果を前記発行命令出力部に出力するとともに命令系列管理部および前記依存情報管理部にそれぞれ指示信号および依存情報追加信号を出力する命令解読部と、依存解消信号入力部から入力した第1の依存解消信号と前記発行命令出力部から入力した第2の依存解消信号のいずれかを選択して前記依存情報管理部に出力する依存解消信号選択部と、前記命令解読部から入力した指示信号に基づいて第1のプログラム・カウンタの内容を第2のプログラム・カウンタに移し、また、割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には前記発行命令出力部から入力した命令保持状態信号に基づいて前記第1のプログラム・カウンタあるいは前記第2のプログラム・カウンタのいずれかの内容を選択して第3のプログラム・カウンタに複写する命令系列管理部と、前記割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合、前記依存情報管理部に記憶されている依存情報を参照して、命令間の依存関係が全く存在していなければ割り込み応答信号を出力する割り込み応答部とを具備し、前記発行命令出力部は、前記命令解読部から入力した解読結果を保持している状態で前記割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を基に前記第2の依存解消信号を生成し、前記依存解消信号選択部に選択されるまで前記第2の依存解消信号を前記依存解消信号選択部に出力し、保持している前記解読結果を無効化するという構成を備えたものである。

【0030】また、命令間の依存情報を記憶する手段と依存情報の追加および削除を行なう手段とを有する依存情報管理部と、依存解消信号を入力して前記依存情報管理部に出力する依存解消信号入力部と、命令入力部から入力した命令を解読して発行命令出力部から入力した発行状態信号と最新依存情報および前記依存情報管理部から入力した依存情報に基づいて解読結果を前記発行命令出力部に出力するとともに命令系列管理部に指示信号を出力する命令解読部と、前記命令解読部から入力した指示信号に基づいて第1のプログラム・カウンタの内容を第2のプログラム・カウンタに移し、また、割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には前記発行命令出力部から入力した命令保持状態信号に基づいて前記第1のプログラム・カウンタあるいは前記第2のプログラム・カウンタのいずれかの内容を選択して第3のプログラム・カウンタに複写する命令系列管理部と、前記割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合、前記依存情報管理部に記憶されている依存情報を参照して、命令間の依存関係が全く存在していなければ割り込み応答信号を出力する割り込み応答部とを具備し、前記発行命令出力部は、前記命令解読部から入力した解読結

果を外部に出力する時点で前記解読結果を基に依存情報追加信号を生成して前記依存情報管理部に出力し、また、前記命令解読部から入力した解読結果を保持している状態で前記割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を無効化するという構成を備えたものである。

【0031】

【作用】本発明は上記した構成によって発行命令出力部が命令解読部から入力した解読結果を保持している状態で割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を無効化し、また、命令系列管理部が第1、第2および第3の少なくとも3つのプログラム・カウンタを有し、割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には発行命令出力部から入力した命令保持状態信号に基づいて第1のプログラム・カウンタあるいは第2のプログラム・カウンタのいずれかの内容を選択して第3のプログラム・カウンタに複写するため、割り込みが発生したときに発行命令出力部が命令解読部から入力した解読結果を保持している場合には、その命令の実行が中止されるとともにその命令のアドレスがプログラムの再開点として第3のプログラム・カウンタに記憶されることとなる。

【0032】また、発行命令出力部が命令解読部から入力した解読結果を保持している状態で割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を基に依存解消信号を生成し、依存解消信号選択部に選択されるまで依存解消信号を出力し、また、依存解消信号選択部が依存解消信号入力部から入力した依存解消信号と発行命令出力部から入力した依存解消信号のいずれかを選択して依存情報管理部に出力するため、発行命令出力部が命令解読部から入力した解読結果を無効化する際に、無効化する命令に関する依存情報の取り消しを外部からの依存解消信号が存在しないタイミングで行なうこととなる。

【0033】また、発行命令出力部が命令解読部から入力した解読結果を外部に出力する時点で解読結果を基に依存情報追加信号を生成して依存情報管理部に出力するため、依存情報管理部における新たな依存情報の追加は解読結果が外部に出力される時点で確定することとなる。

【0034】また、割り込み応答部が依存情報管理部に記憶されている依存情報を参照して、命令間の依存関係が全く存在していなければ割り込み応答信号を出力するため、命令解読装置から発行されたすべての命令の実行が終了するまで割り込み応答信号の出力を待つこととなる。

【0035】

【実施例】以下本発明の命令解読装置の実施例について、図面を参照しながら説明する。図1は本発明の第1の実施例における命令解読装置の構成を示すものである。

【0036】図1において、11は命令入力部、12は割り込み信号入力部、13は命令解読部、14は命令系列管理部、15は発行命令出力部、16は解読用プログラム・カウンタ(PC)、17は発行命令用プログラム・カウンタ(IPC)、18は退避用プログラム・カウンタ(SPC)である。

【0037】以上のように構成された命令解読装置について、以下図面を用いてその動作を説明する。まず、命令解読部13は命令入力部11から入力した命令を解読し、発行命令出力部15に解読結果を出力する。発行命令出力部15は命令解読部13から入力した命令解読結果を保持する手段を有し、この手段は図4における発行命令レジスタ42に相当する。発行命令出力部15が保持する内容は命令の解読結果の他に命令保持状態Kがあり、発行命令出力部15中に解読結果を保持している場合にはK=1、保持していない場合にはK=0となるように制御する。より具体的には、(表1)に示すように制御される。

【0038】

【表1】

K	R	S	I	K'
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
1	0	0	0	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

【0039】(表1)において、発行受付信号Rは外部(図4における命令スケジュール装置43)から入力される信号であり、R=1のときは保持している命令がそのサイクルで受け付けられたことを表し、R=0のときはそのサイクルで受け付けられなかったことを表す。また、発行状態信号Sは出力信号であり、S=1のときは命令解読装置13から出力される解読結果を発行命令出力部15が入力できることを表し、S=0のときは保持している命令解読結果が命令スケジュール装置43に受け付けられないために新たな命令解読結果を入力できないことを表す。

【0040】解読結果出力信号Iは命令解読装置13から命令解読結果に付随して入力する信号であり、I=1のときは命令解読装置13から出力される命令が有意なものであることを表し、I=0のときは命令解読装置13から出力される命令が有意でないことを表す。命令解読装置13はSの値を参照して命令解読結果を出力するので、S=0のときはI=1とならない。また、命令保持状態Kは現サイクルの命令保持状態を、K'は次サイ

クルでの命令保持状態の値を表す。命令系列管理部に出力される命令保持状態信号には、Kの値をそのまま用いる。

【0041】K=1の状態では割り込み信号が入力された場合には、次のサイクルでK'=0とすることで、意味的に保持している命令解読結果を無効化することになる。もちろん、命令スケジュール装置43に命令解読結果の有意性を出力する信号は、割り込み信号を用いてマスクする。命令系列管理部14には3つのプログラム・カウンタが存在する。PC16は、命令入力部11から入力されて命令解読部13で解読されている命令のアドレスを保持する。IPC17は、命令解読部13で解読を終えて発行命令出力部15に出力された命令のアドレスを保持する。命令解読部13は命令解読結果を発行命令出力部15に出力すると同時に命令系列管理部14に対して指示信号を出力するので、この指示信号を契機にPC16の内容をIPC17に移す。

【0042】SPC18は、割り込みが発生した場合に、プログラム再開点のアドレスを退避するためのプログラム・カウンタである。割り込みが発生したとき、命令保持状態信号Kが0であればPC16の内容をSPC18に退避する。また、発行命令出力部15内に保持されている命令が無効化される場合はその命令から実行を再開しなければならないので、命令保持状態信号Kが1であればIPC17の内容をSPC18に退避する。

【0043】以上のように本実施例によれば、命令入力部11から入力した命令を解読して発行命令出力部15から入力した発行状態信号に基づいて解読結果を発行命令出力部15に出力するとともに命令系列管理部14に指示信号を出力する命令解読部13を具備し、発行命令出力部15は、命令解読部13から入力した解読結果を保持している状態で割り込み信号入力部12から割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を無効化し、また、命令系列管理部14は、命令解読部13から入力した指示信号に基づいてPC16の内容をIPC17に移し、また、割り込み信号入力部12から割り込み信号を入力した場合には発行命令出力部15から入力した命令保持状態信号に基づいてPC16あるいはIPC17のいずれかの内容を選択してSPC18に複写することにより、割り込みが発生したときに、命令解読は行なわれたが実行が開始されていない命令(発行命令出力部に保持している命令)を無効化して割り込み応答時間を短縮でき、また、プログラム再開点のアドレスをSPCに正しく退避することができる。

【0044】以下本発明の命令解読装置の第2の実施例について、図面を参照しながら説明する。図2は本発明の第2の実施例における命令解読装置の構成を示すものである。

【0045】図2において、21は命令入力部、22は割り込み信号入力部、23は命令解読部、24は命令系

## 11

列管理部、25は発行命令出力部、26は割り込み応答部、27は依存情報管理部、28は依存解消信号入力部、29は依存解消信号選択部である。図2に示した構成は、命令間の依存解析を実行時に動的に行なうプロセッサの命令解読装置として用いられる場合の一例である。

【0046】以上のように構成された命令解読装置について、以下図面を用いてその動作を説明する。ただし、命令系列管理部24の構成・動作・機能は図1における命令系列管理部14と同一であるので、説明を省略する。

【0047】まず、命令解読部23は、命令入力部21から入力した命令の発行可能性を検査するのに依存情報管理部27内に記憶されている情報を参照する。この結果、発行不可能と判定された場合には命令解読結果を発行命令出力部25に出力するのを見送り、次のサイクルで再び発行可能性を検査する。一方、発行可能と判定された場合には命令解読結果を発行命令出力部25に出力するが、この場合の命令解読部23と発行命令出力部25との間の動作は第1の実施例で説明した命令解読部13と発行命令出力部15との間の動作に同じである。

【0048】ただし、命令解読結果が発行命令出力部25に受け付けられる際に、命令解読部23はその命令解読結果に関連する依存情報を追加するよう、依存情報管理部27に依存情報追加信号を出力する。依存情報管理部27に記憶された依存情報は、その命令が実行命令装置（例えば図4の45x）で実行を終了する時点で順次消去される。図4では、各実行命令装置45x45y、45zからの実行終了信号を実行終了調停装置46で振り分け、その命令を出力した命令解読装置41aまたは41bに依存関係解消信号として送り出す。この依存関係解消信号は命令解読装置41a、41b内の依存解消信号入力部28から入力され（依存解消信号A）、依存解消信号選択部29を経て最終的には依存情報管理部27に入力される。

【0049】割り込み信号が割り込み信号入力部22から入力されたときに依存解消信号Bを出力する以外は、発行命令出力部25の動作は、第1の実施例で説明した発行命令出力部15の動作と全く同一である。発行命令出力部25内に命令解読結果を保持している場合、その命令に関する依存情報は、その命令の解読結果が命令解読部23から出力される際に依存情報追加信号によって依存情報管理部27内に既に記憶されている。従って、割り込み信号を入力して発行命令出力部25内に保持している命令解読結果を無効化するときにはその命令に関する依存情報を消去しなければならない。これを指示するのが依存解消信号Bである。

【0050】依存解消信号Bの出力を制御するために、発行命令出力部25内に1ビットのフリップフロップEを設ける。命令保持状態Kが1で、かつ割り込み信号を

## 12

入力したときのみ、E=1に設定する。そして、E=1の間は依存解消信号Bを出力し続ける。依存解消信号選択部29に依存解消信号Bが受け付けられた時点でE=0とする。依存解消信号Bは発行命令出力部25内に保持されている命令解読結果の一部を切り出して作り出すことができ、その出力はフリップフロップEを用いて上記のように制御される。

【0051】割り込み応答部26は依存情報管理部27内に依存情報が残っているかを調べる。依存情報管理部27内に依存情報が全く記憶されていない場合、実行命令装置45x、45y、45zに送られた命令はすべて終了していると判断できるので、割り込み信号が入力された場合には、記憶されている依存情報がすべて消去された時点で割り込み応答信号を出力する。

【0052】依存解消信号選択部29は発行命令出力部25と依存解消信号入力部28とから入力される依存解消信号を選択して依存情報管理部27に出力する。発行命令出力部25と依存解消信号入力部28の両方から同時に依存解消信号が入力された場合、依存解消信号選択部29は依存解消信号入力部28から入力された依存解消信号Aを優先的に選択する。外部から依存解消信号入力部28を経て入力される依存解消信号Aを待たせることにすると、その依存解消信号Aの発信源である命令実行装置の動作に影響し、複雑な制御が必要となるのに対して、発行命令出力部25からの依存解消信号Bを待たせる場合には、発行命令出力部25内のフリップフロップEを用いて容易に制御できるからである。

【0053】依存情報管理部27の詳細な構成に関しては種々のものが考えられる。本発明は、依存情報管理部27の内部に言及するものではないが、本発明の命令解読装置を説明する上で重要であるため、以下に、依存情報管理部27の構成例を簡単に説明する。

【0054】一般に、命令を発行する際、その命令が書き込みを行なう演算用レジスタを予約し、これを依存情報として用いる。既に予約されている演算用レジスタを使用する命令は依存関係があるとして、命令解読部23はその予約が依存解消信号によって取り消されるまで命令の発行を待つ。ここでは、各演算用レジスタにそれぞれ対応して予約状況を示す1ビットのフリップフロップを設けた構成例について説明する（この他、予約されている演算用レジスタの番号をそのまま記憶する構成例も考えられる）。これらのビットをスコアボード・ビット（SCBビット）と呼び、SCBビットの集まりをスコアボード・レジスタ（SCBレジスタ）と呼ぶ。

【0055】図5に依存情報管理部の構成例を示す。図5において、51はSCBレジスタ、52は解読器、53はNOT回路、54はAND回路、55はOR回路、56は選択器である。以下、32本の演算用レジスタが存在するものとして説明する。まず、予約状況は32ビット長のSCBレジスタ51に記憶する。解読器52は



13

5入力32出力の解読器で、2進数で表現された演算用レジスタの番号を入力して、その番号に対応したビットのみを1とする32ビットのデータを出力する。NOT回路53、AND回路54、OR回路55は32ビットのデータに対してビット毎の論理演算（それぞれNOT、AND、OR）を行なう。

【0056】これらの論理演算器53、54、55はSCBレジスタ51に記憶された値に対して、依存情報追加信号として入力された番号に対応するビットを1とし、依存解消信号として入力された番号に対応するビットを0とするように動く。選択器56は、命令解読部23が命令解読結果を発行命令出力部25に出力する際にはb側の値を出力し、そうでない場合にはa側の値を選択してSCBレジスタ51に出力する。従って、依存解消信号によるSCBレジスタ51の更新は毎サイクル行なわれ、依存情報追加信号による更新は命令解読部23が命令解読結果を発行命令出力部25に出力するときのみ行なわれる。

【0057】また、命令解読部23は、依存情報として図5のポイントaの値を入力し、依存解析を行なう。SCBレジスタ51の内容そのままではなく、依存情報追加信号を反映した情報を用いることで、依存関係にある命令の発行に余分な待ちが生じることを防いでいる。

【0058】以上のように本実施例によれば、命令間の依存情報を記憶する手段と依存情報の追加および削除を行なう手段とを有する依存情報管理部27と、命令入力部21から入力した命令を解読して発行命令出力部25および依存情報管理部27からそれぞれ入力した発行状態信号および依存情報に基づいて解読結果を発行命令出力部25に出力するとともに命令系列管理部24および依存情報管理部27にそれぞれ指示信号および依存情報追加信号を出力する命令解読部23と、依存解消信号入力部28から入力した第1の依存解消信号と発行命令出力部25から入力した第2の依存解消信号のいずれかを選択して依存情報管理部27に出力する依存解消信号選択部29と、命令解読部23から入力した指示信号に基づいてPCの内容をIPCに移し、また、割り込み信号入力部22から割り込み信号を入力した場合には発行命令出力部25から入力した命令保持状態信号に基づいてPCあるいはIPCのいずれかの内容を選択してSPCに複写する命令系列管理部24と、割り込み信号入力部22から割り込み信号を入力した場合、依存情報管理部27に記憶されている依存情報を参照して、命令間の依存関係が全く存在していなければ割り込み応答信号を出力する割り込み応答部26とを具備し、発行命令出力部25は、命令解読部23から入力した解読結果を保持している状態で割り込み信号入力部22から割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を基に前記第2の依存解消信号を生成し、依存解消信号選択部29に選択されるまで前記第2の依存解消信号を依存解消

14

信号選択部29に出力し、保持している前記解読結果を無効化することにより、発行命令出力部25に保持している命令を無効化する際にその命令によって追加されている依存情報を取り消す作業を効率良く行なうことができ、また、割り込みが生じた際にSCBレジスタをフラッシュするのではなく継続して命令の実行状態の管理に使用することで、複雑な制御機構を追加することなく、割り込みによるコンテキスト・スイッチが可能となるタイミングを知ることができる。

【0059】以下本発明の命令解読装置の第3の実施例について、図面を参照しながら説明する。図3は本発明の第3の実施例における命令解読装置の構成を示すものである。

【0060】図3において、31は命令入力部、32は割り込み信号入力部、33は命令解読部、34は命令系列管理部、35は発行命令出力部、36は割り込み応答部、37は依存情報管理部、38は依存解消信号入力部である。

【0061】以上のように構成された命令解読装置について、以下図面を用いてその動作を説明する。ただし、命令入力部31、割り込み信号入力部32、命令系列管理部34、割り込み応答部36、依存解消信号入力部38については、それぞれ図2における命令入力部21、割り込み信号入力部22、命令系列管理部24、割り込み応答部26、依存解消信号入力部28と同一構成であるので説明を省略する。命令解読部33、発行命令出力部35、依存情報管理部37についても、第2の実施例で説明したものと似ているので、以下では先の実施例と異なる部分についてのみ説明する。

【0062】まず、発行する命令に関する依存情報追加信号は、その命令が命令解読部33から出力される時点ではなく、その命令が発行命令出力部35から外部に出力される時点で依存情報管理部37に出力される。つまり、命令解読部33から出力した命令に関する依存情報は、その命令が発行命令出力部35から外部に出力される時点で依存情報管理部37から命令解読部33に出力される依存情報に反映される。このように依存情報の追加を遅らせたことにより、命令解読部33は、依存情報管理部37からの依存情報のみを用いるのではなく、発行命令出力部35から出力される最新依存情報も用いて解読中の命令の依存解析を行なう。

【0063】発行命令出力部35は、発行命令出力部35内に保持している命令解読結果の一部から最新依存情報および依存情報追加信号を生成する。先の実施例同様、最新依存情報および依存情報追加信号はその命令が書き込みを行なう演算レジスタの番号を主要構成要素としており、両者の内容はほぼ同じものである。依存情報追加信号には、依存情報管理部37に依存情報の更新を指示する制御信号（後述するが、この制御信号は図5における選択器56に入力される選択信号に使用する）が

付加される点が最新依存情報と異なる。前述したように、発行命令出力部35内に保持している命令が外部に出力されるまで、その命令に関する依存情報は依存情報管理部37内に記憶している内容に反映されない。

【0064】従って、発行命令出力部35内に命令解読結果を保持している状態で割り込みが発生しても、その命令解読結果を無効化するだけで、依存情報管理部37に依存解消を知らせる信号を送る必要はない。依存情報管理部37と、最新依存情報、依存情報追加信号の扱いについては、図5を用いて説明することができる。依存情報管理部37には、図2における依存情報管理部27をほとんど変更することなく使用することができる。

【0065】前述のように最新依存情報と依存情報追加信号とを同一視すると、命令解読部33が依存情報管理部37から入力すべき依存情報と発行命令出力部35から入力すべき最新依存情報とを合成した情報が図5のポイントbに生成されている。従って、実際には、命令解読部33はこの図5のポイントbの値を参照して依存解析を行なう。図5における選択器56は、発行命令出力部35が外部に命令解読結果を出力するときにはb側の値を、それ以外のときにはa側の値を選択してSCBレジスタ51に出力する。

【0066】以上のように本実施例によれば、命令間の依存情報を記憶する手段と依存情報の追加および削除を行なう手段とを有する依存情報管理部37と、依存解消信号を入力して依存情報管理部37に出力する依存解消信号入力部38と、命令入力部31から入力した命令を解読して発行命令出力部35から入力した発行状態信号と最新依存情報および依存情報管理部37から入力した依存情報に基づいて解読結果を発行命令出力部35に出力するとともに命令系列管理部34に指示信号を出力する命令解読部33と、命令解読部33から入力した指示信号に基づいてPCの内容をIPCに移し、また、割り込み信号入力部32から割り込み信号を入力した場合には発行命令出力部35から入力した命令保持状態信号に基づいてPCあるいはIPCのいずれかの内容を選択してSPCに複写する命令系列管理部34と、割り込み信号入力部32から割り込み信号を入力した場合、依存情報管理部37に記憶されている依存情報を参照して、命令間の依存関係が全く存在していなければ割り込み応答信号を出力する割り込み応答部36とを具備し、発行命令出力部35は、命令解読部33から入力した解読結果を外部に出力する時点で前記解読結果を基に依存情報追加信号を生成して依存情報管理部37に出力し、また、命令解読部33から入力した解読結果を保持している状態で割り込み信号入力部32から割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を無効化することにより、少ないハードウェア量で発行命令出力部35に保持している命令を無効化する際の依存情報の整合性を保つことができ、結果として、省コストで割り込み応答

時間を短縮することができる。

【0067】尚、本発明は上記各実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0068】

【発明の効果】以上のように本発明は、命令入力部から入力した命令を解読して発行命令出力部から入力した発行状態信号に基づいて解読結果を前記発行命令出力部に出力するとともに前記命令系列管理部に指示信号を出力する命令解読部を具備し、前記発行命令出力部は、前記命令解読部から入力した解読結果を保持している状態で前記割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を無効化し、また、前記命令系列管理部は、前記指示信号に基づいて第1のプログラム・カウンタの内容を第2のプログラム・カウンタに移し、また、前記割り込み信号を入力した場合には前記発行命令出力部から入力した命令保持状態信号に基づいて前記第1のプログラム・カウンタあるいは前記第2のプログラム・カウンタのいずれかの内容を選択して第3のプログラム・カウンタに複写することにより、割り込みが発生したときに発行命令出力部に解読結果が残っていればそれを無効化して割り込み応答時間を短縮し、プログラム再開点を正しく保存することができる。

【0069】また、依存解消信号入力部と、命令間の依存情報を記憶する手段と依存情報の追加および削除を行なう手段とを有する依存情報管理部と、命令入力部から入力した命令を解読して発行命令出力部および前記依存情報管理部からそれぞれ入力した発行状態信号および依存情報に基づいて解読結果を前記発行命令出力部に出力するとともに命令系列管理部および前記依存情報管理部にそれぞれ指示信号および依存情報追加信号を出力する命令解読部と、前記依存解消信号入力部から入力した第1の依存解消信号と前記発行命令出力部から入力した第2の依存解消信号のいずれかを選択して前記依存情報管理部に出力する依存解消信号選択部と、前記指示信号に基づいて第1のプログラム・カウンタの内容を第2のプログラム・カウンタに移し、また、割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には前記発行命令出力部から入力した命令保持状態信号に基づいて前記第1のプログラム・カウンタあるいは前記第2のプログラム・カウンタのいずれかの内容を選択して第3のプログラム・カウンタに複写する命令系列管理部と、前記割り込み信号を入力した場合、前記依存情報管理部に記憶されている依存情報を参照して、命令間の依存関係が全く存在していなければ割り込み応答信号を出力する割り込み応答部とを具備し、前記発行命令出力部は、前記命令解読部から入力した解読結果を保持している状態で前記割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を基に前記第2の依存解消信号を生成し、前記依存解消

信号選択部に選択されるまで前記第2の依存解消信号を前記依存解消信号選択部に出力し、保持している前記解読結果を無効化することにより、無効化する発行命令出力部内の命令解読結果に関する依存情報の取り消しを外部からの依存情報の取り消し要求を阻害せずに行なうことができ、また、無効化する命令に関する依存情報の取り消しを依存情報管理部に記憶している内容に反映させることで、依存情報管理部に記憶している内容のみを参照するだけで割り込み受け付けの時期を確定することができる。

【0070】また、命令間の依存情報を記憶する手段と依存情報の追加および削除を行なう手段とを有する依存情報管理部と、依存解消信号を入力して前記依存情報管理部に出力する依存解消信号入力部と、命令入力部から入力した命令を解読して発行命令出力部から入力した発行状態信号と最新依存情報および前記依存情報管理部から入力した依存情報に基づいて解読結果を前記発行命令出力部に出力するとともに命令系列管理部に指示信号を出力する命令解読部と、前記指示信号に基づいて第1のプログラム・カウンタの内容を第2のプログラム・カウンタに移し、また、割り込み信号入力部から割り込み信号を入力した場合には前記発行命令出力部から入力した命令保持状態信号に基づいて前記第1のプログラム・カウンタあるいは前記第2のプログラム・カウンタのいずれかの内容を選択して第3のプログラム・カウンタに複写する命令系列管理部と、前記割り込み信号を入力した場合、前記依存情報管理部に記憶されている依存情報を参照して、命令間の依存関係が全く存在していなければ割り込み応答信号を出力する割り込み応答部とを具備し、前記発行命令出力部は、前記命令解読部から入力した解読結果を外部に出力する時点で前記解読結果を基に依存情報追加信号を生成して前記依存情報管理部に出力し、また、前記命令解読部から入力した解読結果を保持している状態で前記割り込み信号を入力した場合には保持している前記解読結果を無効化することにより、無効化する命令に関する依存情報の取り消し処理を省くことができ、また、依存情報管理部に記憶している内容のみを参照するだけで割り込み受け付けの時期を確定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例における命令解読装置の

構成図

【図2】本発明の第2実施例における命令解読装置の構成図

【図3】本発明の第3の実施例における命令解読装置の構成図

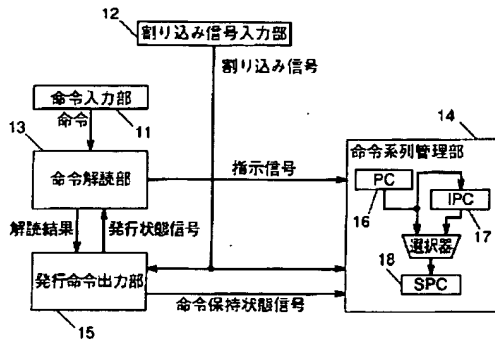
【図4】本発明の命令解読装置が使用されることを想定したプロセッサの構成図

【図5】本実施例における依存情報管理部の構成図

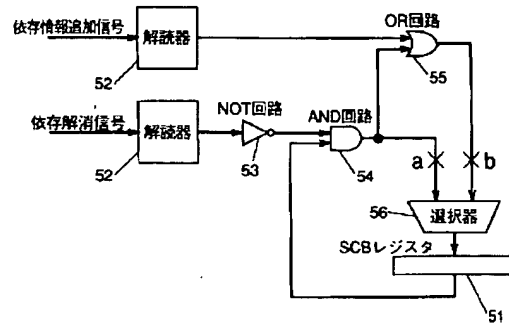
【符号の説明】

- |    |    |                      |
|----|----|----------------------|
| 10 | 11 | 命令入力部                |
|    | 12 | 割り込み信号入力部            |
|    | 13 | 命令解読部                |
|    | 14 | 命令系列管理部              |
|    | 15 | 発行命令出力部              |
|    | 16 | 解読用プログラム・カウンタ（PC）    |
|    | 17 | 発行命令用プログラム・カウンタ（IPC） |
|    | 18 | 退避用プログラム・カウンタ（SPC）   |
|    | 21 | 命令入力部                |
|    | 22 | 割り込み信号入力部            |
| 20 | 23 | 命令解読部                |
|    | 24 | 命令系列管理部              |
|    | 25 | 発行命令出力部              |
|    | 26 | 割り込み応答部              |
|    | 27 | 依存情報管理部              |
|    | 28 | 依存解消信号入力部            |
|    | 29 | 依存解消信号選択部            |
|    | 31 | 命令入力部                |
|    | 32 | 割り込み信号入力部            |
|    | 33 | 命令解読部                |
| 30 | 34 | 命令系列管理部              |
|    | 35 | 発行命令出力部              |
|    | 36 | 割り込み応答部              |
|    | 37 | 依存情報管理部              |
|    | 38 | 依存解消信号入力部            |
|    | 51 | スコアボード（SCB）・レジスタ     |
|    | 52 | 解読器                  |
|    | 53 | NOT回路                |
|    | 54 | AND回路                |
|    | 55 | OR回路                 |
| 40 | 56 | 選択器                  |

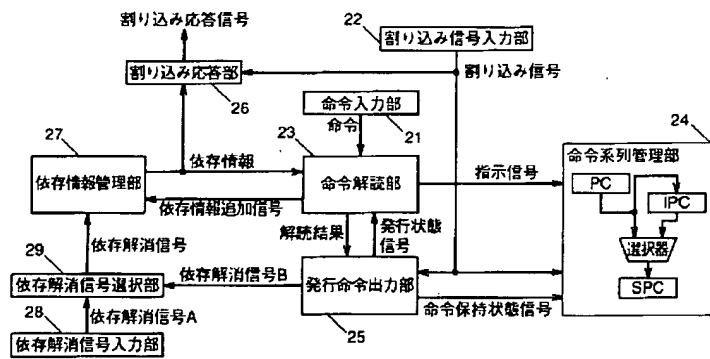
【図1】



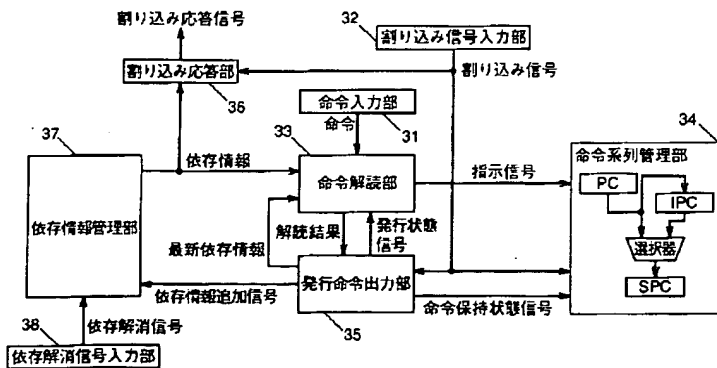
【図5】



【図2】



【図3】



【図4】

